

## 低剂量使用防晒化妆品防护效果的现场研究

崔文广, 潘喜华, 侯雪波, 周利红, 高剑晖, 李竹

### 摘要:

[目的] 研究低剂量使用防晒化妆品和不同涂布方式的日光防护效果, 为指导消费者合理使用防晒化妆品提供科学依据。

[方法] 选择60名受试者, 随机分为涂布组和对照组。涂布组在手背低剂量( $0.5\text{ mg/cm}^2$ )使用防晒化妆品, 对照组不使用防晒化妆品。另外涂布组的左右手背分别采用双次涂布和多次涂布两种不同的使用方式。受试者在连续9d的军训期间每天接受阳光紫外线照射6h(上午8:00—11:00、下午14:00—17:00)。通过观察日光暴露前后手背皮肤颜色的变化, 评价防晒化妆品的防晒效果。肤色的测量采用色差分析仪。

[结果] 与各自日光暴露前相比, 两组受试者暴露后的手背皮肤颜色指标亮度 $L$ 值均降低( $53.95\sim 54.86$  vs  $56.75\sim 58.64$ ), 绿红色饱和度 $a$ ( $10.86\sim 11.59$  vs  $9.44\sim 10.20$ )和蓝黄色饱和度 $b$ ( $20.31\sim 21.09$  vs  $19.16\sim 19.74$ )值均升高( $P<0.05$ ); 日光暴露前后, 涂布组受试者左右手背肤色的立体变化指标色差 $\Delta E$ 均小于对照组[( $3.31\pm 1.91$ ), ( $3.17\pm 1.82$ ) vs ( $5.63\pm 2.37$ ), ( $5.74\pm 2.56$ )](均 $P<0.05$ ), 多次涂布手背肤色的立体变化指标色差 $\Delta E$ 与双次涂布的没有差异( $P>0.05$ )。

[结论] 与不使用防晒化妆品相比, 低剂量使用防晒化妆品仅能减缓但无法避免肤色向黑红黄方向变化。在低剂量使用防晒化妆品的情况下, 增加涂布次数没有增强防晒化妆品的防护效果。

关键词: 防晒化妆品; 使用量; 涂布方式; 防护效果; Lab色度系统

引用: 崔文广, 潘喜华, 侯雪波, 等. 低剂量使用防晒化妆品防护效果的现场研究[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(8): 721-724. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.18230

**Field study on protective effect of low-dose sunscreen** CUI Wen-guang, PAN Xi-hua, HOU Xue-bo, ZHOU Li-hong, GAO Jian-hui, LI Zhu (Public Service and Health Safety Evaluation Institute, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China). Address correspondence to LI Zhu, E-mail: lizhu@scdc.sh.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

### Abstract:

[Objective] To assess the protective effect of low-dose sunscreen and different applying methods, and provide a scientific basis for guiding customer sunscreen usage.

[Methods] A total of 60 subjects were randomly divided into control group and sunscreen group. The sunscreen group applied sunscreen at a low dose ( $0.5\text{ mg/cm}^2$ ) on the back of hands and the control group did not. In addition, the sunscreen group was treated with spreading sunscreen twice and six times over a day on the back of left hand and right hand respectively. The subjects were exposed to sunlight for six hours per day (8:00-11:00, 14:00-17:00) during nine continuous days of military training. The skin color changes induced by sunlight exposure were evaluated in the volunteers with a tristimulus colorimeter.

[Results] Both groups showed reduced lightness ( $L$ ) (after:  $53.95\sim 54.86$ , before:  $56.75\sim 58.64$ ) ( $P<0.05$ ) as well as increased green-red saturation ( $a$ ) (after:  $10.86\sim 11.59$ , before:  $9.44\sim 10.20$ ) and blue-yellow saturation ( $b$ ) (after:  $20.31\sim 21.09$ , before:  $19.16\sim 19.74$ ) ( $P<0.05$ ) after sunlight exposure. The color differences ( $\Delta E$ ) of left and right hands in the sunscreen group (left:  $3.31\pm 1.91$ , right:  $3.17\pm 1.82$ ) were lower than those in the control group (left:  $5.63\pm 2.37$ , right:  $5.74\pm 2.56$ ) ( $P<0.05$ ), and no difference was observed between the hands treated with twice and six times of sunscreen ( $P>0.05$ ).

[Conclusion] Using low-dose sunscreen can only slow down but cannot avoid the change of skin color to black, red, and yellow compared

• 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 上海市卫生和计划生育委员会科研课题(编号: 20134234)

[作者简介] 崔文广(1981—), 男, 硕士, 主管医师; 研究方向: 环境与健康; E-mail: cuiwenguang@scdc.sh.cn

[通信作者] 李竹, E-mail: lizhu@scdc.sh.cn

[作者单位] 上海市疾病预防控制中心公共服务与健康安全评价所, 上海 200336

to using no sunscreen products. In the case of using low-dose sunscreen, increasing application times does not enhance its protective effect.

**Keywords:** sunscreen; consumption; application; protective effect; Lab color system

**Citation:** CUI Wen-guang, PAN Xi-hua, HOU Xue-bo, et al. Field study on protective effect of low-dose sunscreen[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(8): 721-724. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.18230

紫外辐射是引起皮肤晒伤、晒黑、晒斑、老化等皮肤急慢性反应发生发展的重要因素<sup>[1]</sup>,防晒在预防紫外辐射所致皮肤损伤特别是各种与光照相关疾病中起着极为重要的作用。近年来,随着人们防晒意识的增强以及生活水平的提高,人们越来越注意防晒化妆品的使用,但人们对防晒化妆品的使用还普遍处于盲从阶段,对于防晒化妆品的使用剂量、各项指标的意义还不是十分清楚<sup>[2]</sup>。另外,有调查研究显示消费者补涂防晒化妆品意识欠缺,即使长时间日晒也很少有人补涂防晒化妆品<sup>[3]</sup>。日光防晒指数(sun protection factor, SPF)是目前评价防晒化妆品防护效果的主要指标之一,实验室中检测 SPF 时使用的防晒化妆品剂量为 2.0 mg/cm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>,有研究报道消费者在实际生活中的使用量远低于此剂量,一般在 0.5~1 mg/cm<sup>2</sup>之间<sup>[5]</sup>。因此本研究结合中国人防晒化妆品使用低剂量防晒的习惯,采用国际照明委员会(Commission Internationale de L'Eclairage, CIE)规定的 Lab 色度系统测量受试者皮肤颜色的变化,研究防晒化妆品低剂量和不同补涂方式使用的防护效果,为指导消费者合理使用防晒化妆品提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 紫外辐射监测

1.1.1 测试仪器 UVB 紫外辐照计(北京师范大学光电仪器,中国),UV297 探头,波长范围 250~350 nm,峰值波长 297 nm。

1.1.2 测试方法 2014 年 9 月 3—11 日军训期间每天上午 8—11 时、下午 14—17 时在空旷的操场测量 297 nm 紫外波长的峰值辐射强度,每小时测量 1 次,每天测量 6 次,每次连续读 5 个数据取均数,时间不超过 2 min;连续 9 d。测试点周围无强烈反射物体和遮蔽物。

### 1.2 皮肤颜色测试

1.2.1 受试对象及分组 选择即将参加军训的大学生志愿者 60 名,18~20 岁,其中男 22 人,女 38 人,均无皮肤疾患,无光敏史,无化妆品过敏史。实验前每位受试者被告知整个实验过程及可能的皮肤反应,并签署知情同意书。受试对象被随机分为涂布组和对照

组,每组各 30 人,两组在年龄、性别等方面具有均衡可比性。

1.2.2 测试仪器 采用 Lab 色度系统色差分析仪(KONICA MINOLTA,日本)测量受试者皮肤颜色的变化。仪器不会对身体产生伤害,不会造成皮肤破损。

1.2.3 测试指标 亮度  $L$ :  $L=116[(Y/Y_n)^{1/3}-16]$ ,  $L$  值越大,颜色越偏向白色;反之,偏向黑色。绿红轴上颜色的饱和度  $a$ :  $a=500[(X/X_n)^{1/3}-(Y/Y_n)^{1/3}]$ ,负值表示绿色,正值表示红色,  $a$  值越大肤色越红。蓝黄轴上颜色的饱和度  $b$ :  $b=200[(Y/Y_n)^{1/3}-(Z/Z_n)^{1/3}]$ ,负值表示蓝色,正值表示黄色,  $b$  值越大肤色越黄。

上式中:  $L$ 、 $a$ 、 $b$  为三维直角坐标系统的坐标值;  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  为 XYZ 表色系统的三刺激值;  $X_n$ 、 $Y_n$ 、 $Z_n$  为完全漫反射面的三刺激值。

色差  $\Delta E$ :  $\Delta E_{ab}=[(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{1/2}$ ,  $\Delta$  是指比较的两点间颜色指标( $L$ 、 $a$  或  $b$ )的差值,  $\Delta E$  表示在色空间两颜色点之间的距离,是  $L$ 、 $a$ 、 $b$  的综合指数,代表了色度的立体变化,其数值越大,表示色度变化越大(即更偏向于黑红黄)。

1.2.4 涂布方法 涂布组左手手背涂抹剂量为 0.5 mg/cm<sup>2</sup> 的防晒化妆品,清晨、中午各涂抹一次;右手手背涂抹剂量为 0.5 mg/cm<sup>2</sup>,除清晨、中午各涂抹 1 次之外,军训出操期间每小时补涂 1 次,每天涂抹 6 次。每次涂布防晒化妆品均由经过培训的调查者完成,以确保防晒化妆品涂布均匀以及剂量准确和统一。对照组双手背在军训期间均不使用任何防晒化妆品。本研究提供的防晒化妆品的防晒指数为 SPF30PA+++。

1.2.5 测试方法 受试者在连续 9 d 的军训期间每天接受阳光紫外线照射 6 h(上午 8:00—11:00、下午 14:00—17:00)。在其军训开始前一天和军训第 9 天,使用色差分析仪测试手背皮肤的肤色指标值( $L$ 、 $a$ 、 $b$  值)。测量时间 1 s,间隔时间 3 s,测量 3 次取平均值。

### 1.3 统计学分析

采用 SPSS 16.0 录入数据并统计分析,经正态性检验,所有指标测定值呈正态分布。同组内日光暴露前后数据以及左右手间数据采用配对  $t$  检验,两组间数据采用两样本  $t$  检验。以上所有检验均采用双侧检

验, 检验水准  $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 军训期间户外紫外辐射强度

受试者军训出操时间段日均接受的UVB(波长峰值297nm)辐照度均值为16.40~65.13  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 见表1。

| 表1 受试者军训出操时间段日均UVB辐照度( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) |       |        |           |       |
|----------------------------------------------------|-------|--------|-----------|-------|
| 日期                                                 | Min   | Max    | $\bar{x}$ | s     |
| 9月3日                                               | 3.89  | 52.11  | 16.40     | 21.00 |
| 9月4日                                               | 12.58 | 74.60  | 43.27     | 20.50 |
| 9月5日                                               | 28.76 | 74.55  | 53.58     | 15.87 |
| 9月6日                                               | 23.88 | 85.21  | 56.70     | 20.92 |
| 9月7日                                               | 22.90 | 73.95  | 44.55     | 21.11 |
| 9月8日                                               | 21.17 | 73.27  | 46.20     | 18.07 |
| 9月9日                                               | 15.38 | 109.45 | 46.44     | 33.42 |
| 9月10日                                              | 13.92 | 70.53  | 35.03     | 21.80 |
| 9月11日                                              | 27.81 | 96.39  | 65.13     | 24.81 |

2.2 手背皮肤颜色的组内比较

肉眼观察两组受试者军训前后双手的颜色变化, 发现军训后与各自军训前相比, 手部皮肤光泽度变暗沉, 颜色变深。

两组受试者军训前后手背皮肤颜色指标的测量值见表2。结果显示, 两组受试者军训后左右手背皮肤颜色指标与各自军训前同侧手背比较,  $L$  值降低,  $a$ 、 $b$  值升高, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。

2.3 手背皮肤颜色的组间比较

军训前涂布组与对照组受试者同侧手背各肤色指标之间未见差异( $P>0.05$ )。与对照组相比, 涂布组军训后同侧手背的皮肤颜色指标  $L$  值和  $a$  值之间的差异均没有统计学意义( $P>0.05$ ); 而  $b$  值低于对照组同侧手背( $P<0.05$ )。另外, 涂布组  $\Delta E$  值小于对照组( $P<0.05$ )。见表2。

| 表2 两组受试者军训日晒前后手背皮肤颜色指标( $\bar{x} \pm s, n=30$ ) |   |                               |                  |                  |                                |                               |                                |                              |
|-------------------------------------------------|---|-------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 组别                                              |   | 第0天                           |                  |                  | 第9天                            |                               |                                | $\Delta E$                   |
|                                                 |   | $L$                           | $a$              | $b$              | $L$                            | $a$                           | $b$                            |                              |
| 对照组                                             | 左 | 58.64 $\pm$ 3.75              | 9.44 $\pm$ 1.59  | 19.30 $\pm$ 1.71 | 53.95 $\pm$ 2.74 <sup>#</sup>  | 11.46 $\pm$ 1.23 <sup>#</sup> | 20.91 $\pm$ 1.08 <sup>#</sup>  | 5.63 $\pm$ 2.37              |
|                                                 | 右 | 58.55 $\pm$ 4.99              | 9.62 $\pm$ 1.64  | 19.16 $\pm$ 1.63 | 54.45 $\pm$ 2.88 <sup>#</sup>  | 11.59 $\pm$ 1.21 <sup>#</sup> | 21.09 $\pm$ 1.27 <sup>#</sup>  | 5.74 $\pm$ 2.56              |
| 涂布组                                             | 左 | 56.75 $\pm$ 4.95              | 10.20 $\pm$ 1.62 | 19.74 $\pm$ 1.43 | 53.97 $\pm$ 4.27 <sup>#</sup>  | 10.86 $\pm$ 1.43 <sup>#</sup> | 20.31 $\pm$ 1.05 <sup>**</sup> | 3.31 $\pm$ 1.91 <sup>*</sup> |
|                                                 | 右 | 57.38 $\pm$ 4.58 <sup>△</sup> | 9.96 $\pm$ 1.45  | 19.64 $\pm$ 1.57 | 54.86 $\pm$ 4.39 <sup>#△</sup> | 11.03 $\pm$ 1.36 <sup>#</sup> | 20.39 $\pm$ 1.11 <sup>**</sup> | 3.17 $\pm$ 1.82 <sup>*</sup> |

[注]#: 与第0天同组同侧手背相比,  $P<0.05$ ; \*: 与对照组同日同侧手背相比,  $P<0.05$ ; △: 与同组左侧手背相比,  $P<0.05$ 。

2.4 不同涂布方式手背皮肤颜色的比较

无论军训前、后, 涂布组受试者左手  $L$  值均低于右手(配对  $t$  检验,  $P<0.05$ )。为研究组间对象均衡可比, 剔除涂布组中在军训前左右手之间  $L$  值差异较大的4名对象, 再对其余26名涂布组对象在军训前后左右手背之间皮肤颜色指标  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值的差异, 以及军

训前后左右手背颜色的立体变化指标色差  $\Delta E$  值进行比较, 结果见表3。

军训前左右手的  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值差异均无统计学意义( $P>0.05$ ); 军训后的左右手  $a$ 、 $b$  值以及左右手军训前后的色差  $\Delta E$  值的差异, 也均无统计学意义( $P>0.05$ )。仅军训后左右手  $L$  值有差异( $P<0.05$ )。

| 表3 涂布组左右手背肤色指标( $\bar{x} \pm s, n=26$ ) |                  |                 |                  |                               |                  |                  |                 |
|-----------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 组别                                      | 第0天              |                 |                  | 第9天                           |                  |                  | $\Delta E$      |
|                                         | $L$              | $a$             | $b$              | $L$                           | $a$              | $b$              |                 |
| 左手背                                     | 57.28 $\pm$ 5.00 | 9.97 $\pm$ 1.53 | 19.62 $\pm$ 1.47 | 54.18 $\pm$ 4.51              | 10.77 $\pm$ 1.50 | 20.24 $\pm$ 1.08 | 3.55 $\pm$ 1.91 |
| 右手背                                     | 57.61 $\pm$ 4.70 | 9.84 $\pm$ 1.44 | 19.54 $\pm$ 1.62 | 55.02 $\pm$ 4.61 <sup>△</sup> | 10.97 $\pm$ 1.40 | 20.36 $\pm$ 1.12 | 3.30 $\pm$ 1.86 |

[注]△: 与同时间左侧手背相比,  $P<0.05$ 。

3 讨论

研究结果显示, 军训后对照组受试者左右手背的皮肤颜色指标与军训前相比  $L$  值降低,  $a$  值和  $b$  值升高, 表明没有涂抹化妆品的对照组受试者皮肤变得黑红黄。紫外辐射可以引起皮肤颜色的改变, 短期内出现红斑和即时性黑化反应, 此后产生延迟性黑化并在

1周后达到最大值<sup>[6]</sup>。本研究对连续9d军训出操期间的中波紫外辐射强度进行了测量, 结果显示有7d的UVB(297nm峰值)日均辐照度超出  $40.0 \times 10^{-6} \text{W}/\text{cm}^2$ 。有研究报道, 健康人群的皮肤产生最小红斑量的UVB照射量均值为  $70.2 \times 10^{-3} \text{W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ <sup>[7]</sup>。通过计算, 在这样的日均紫外辐照强度条件下, 大约暴露30min就能

达到产生最小红斑量的紫外照射量。因此,受试者每天因军训而日光暴露6h,皮肤颜色会有如此明显的反应。

本研究发现,涂布组受试者军训后与其军训前比较,皮肤颜色也向着黑红黄的方向发展;另外还发现,涂布组军训前后左右手背肤色的立体变化较对照组小,说明低剂量使用防晒化妆品没能阻止皮肤颜色的改变,但对这种改变起到一定的减缓作用。究其原因,没有阻止颜色的改变是因为使用的剂量远远没有达到检测SPF值时的标准剂量( $2.0\text{mg}/\text{cm}^2$ )。SPF值与使用剂量之间存在着指数关系<sup>[8-10]</sup>,即当防晒剂的使用剂量减少50%时,SPF值仅为原有SPF值的平方根。本研究使用的剂量是标准剂量的1/4,推算实际的SPF值约为2.3,远远低于本次提供的防晒化妆品标识的SPF值30,经过长时间的日光暴露,皮肤颜色的改变在所难免。但与不使用防晒化妆品相比,这种改变的幅度还是有所降低,这是因为防晒化妆品主要是通过防晒成分吸收、反射或散射,减少到达皮肤表面的紫外辐射量,从而发挥防晒的功能。

本研究对防晒化妆品不同涂布方式的防晒效果分析结果显示,在低剂量使用防晒化妆品的情况下,增加补涂次数仅使皮肤亮度变暗速度减缓,但起不到全面的防护作用,皮肤颜色仍然向着黑红黄的方向发展。可能是因为在低剂量使用的情况下,增加涂布次数虽然增加了皮肤上防晒化妆品的剂量,但是这种剂量的水平仍然低于测量SPF值的标准剂量<sup>[11]</sup>。防晒化妆品的防护效果主要取决于施用在人体皮肤上的总剂量,只有剂量足够,防护效果才能显现。

本研究的不足之处在于没有考虑受试者的日光反应性皮肤分型对防晒效果的影响。没有设置标准剂量组来对比研究低剂量使用的防护效果。另外,将来可以在本研究基础上开展不同年龄组、不同季节使用防晒化妆品防护效果的研究。

## 参考文献

[1] 李立. 紫外线辐射对人类皮肤健康的影响[J]. 国外医学卫

生学分册, 2008, 35(4): 198-202.

- [2] 沈立飞, 程少为, 赖迪辉, 等. 北京地区医学生对日晒的认知度及防晒行为调查[J]. 江苏医药, 2014, 40(12): 1477-1478.
- [3] 郭志丽, 顾军, 毕新岭, 等. 上海地区非医学专业大学生对日光照射及皮肤防护认知的随机抽样调查研究[J]. 实用皮肤病学杂志, 2010, 3(4): 203-205.
- [4] 国家食品药品监督管理总局. 化妆品安全技术规范[EB/OL]. [2018-05-14]. <http://samr.cfda.gov.cn/WS01/CL0087/140161.html>.
- [5] 朱世幸. 防晒类化妆品的日光防晒系数和长波紫外线防护指数检测及应用方法的研究[D]. 泸州: 泸州医学院, 2011.
- [6] PARK SB, SUH DH, YOUN JI. A long-term time course of colorimetric evaluation of ultraviolet light-induced skin reactions[J]. Clin Exp Dermatol, 1999, 24(4): 315-320.
- [7] 戚东卫, 吕静, 龚娟, 等. 重庆市人群皮肤类型调查及最小红斑量和最小持续黑化量测定[J]. 实用皮肤病学杂志, 2014(6): 411-413.
- [8] 李福民, 朱世幸, 廖金凤, 等. 防晒类化妆品的日光防晒系数和长波紫外线防护指数与使用浓度及时间的相关性研究[J]. 实用医院临床杂志, 2016, 13(6): 39-41.
- [9] KIM SM, OH BH, LEE YW, et al. The relation between the amount of sunscreen applied and the sun protection factor in Asian skin[J]. J Am Acad Dermatol, 2010, 62(2): 218-222.
- [10] SCHALKKA S, DOS REIS VM, CUCÉ LC. The influence of the amount of sunscreen applied and its sun protection factor (SPF): evaluation of two sunscreens including the same ingredients at different concentrations[J]. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 2009, 25(4): 175-180.
- [11] DE VILLA D, DA SILVA NAGATOMI AR, PAESE K, et al. Reapplication improves the amount of sunscreen, not its regularity, under real life conditions[J]. Photochem Photobiol, 2011, 87(2): 457-460.

(收稿日期: 2018-03-20; 录用日期: 2018-06-12)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 汪源)